8

Principios de autoorganización en un contexto socioadministrativo*

Apertura

Tengo que confesar que cuando recibí por primera vez la cordial invitación del doctor Probst para participar en una reunión llamada "Administración y autoorganización en sistemas sociales", no estaba muy seguro acerca de mi papel en una reunión de esa índole. No soy un extraño a la noción de autoorganización, pero cuando la consideré en el contexto administrativo y, más aun, en el ambiente de una Sozialwissenschafter, me sentí perdido. Entiendo tan poco de administración (*management*) que ya en la escuela elemental mis maestros se quejaban de que yo era inmanejable (*unmanageable*). En verdad, tuve que buscar "administración" en mi diccionario [1]. Allí encontré que deriva de ". . . restringir el movimiento de las manos", y que tiene la misma raíz que "maniatar", es decir, ponerle esposas a alguien: llegado a ese punto estaba preparado para declinar la invitación.

Afortunadamente, no mucho más tarde los organizadores de esta reunión me enviaron un artículo de Malik y Probst intitulado "Administración evolutiva" [2], aparentemente con la idea de darme una clave acerca de qué se trataría esta reunión. Dicho artículo comienza con dos preceptos. Dado que después de leerlos supe que aceptaría la invitación, los leeré para ustedes. El primero es una cita de Peter Drucker quien, como yo, creció en Viena, y cuyos padres eran amigos de los míos:

"Las únicas cosas que evolucionan por sí mismas en una organización son el desorden, la fricción y el mal rendimiento. . ."

No es un mal comienzo para el artículo que se dedica a autoorganización en la administración. El segundo precepto es también de un vienés, el premio Nobel Friedrich von Hayek, que participó en una conferencia

* Este artículo fue publicado originalmente en *Self-organization and Management of Social Systems (Insights, Promises, Doubts, and Questions)*, H. Ulrich y G. J. B. Probst (comps.), Springer-Verlag, Berlín, págs. 2-24 (1984).

sobre los principios de nuestro tema que yo organicé hace casi un cuarto de siglo. He aquí la cita:

". . . la única posibilidad de trascender las mentes individuales es confiar en aquellas fuerzas 'autoorganizativas' suprapersonales que crean orden espontáneo."

Con estas dos citas mutuamente contradictorias los organizadores de esta reunión me tenían casi atrapado, pero tuvieron un éxito completo una vez que hube terminado todo el artículo. Había cuatro puntos que me gustaban sobremanera:

(i) Las jerarquías son esqueletos inapropiados para una estructura administrativa;

(ii) la importancia de la flexibilidad y de la adaptación;

(iii) limitado control del, y conocimiento en, el sistema;

(iv) y finalmente, la última línea del artículo, donde se lee:

"En tanto administradores tenemos que. . . aprender a ser lo que realmente somos: no hacedores y caudillos, sino catalizadores y cultivadores de un sistema autoorganizador en un contexto en evolución".

Me sentí muy cerca de esta perspectiva, afín a un punto que señalé una vez al final de uno de mis artículos [3]. Lo llamé un "imperativo ético":

"Actúa siempre como para aumentar el número de alternativas".

Mi impresión general era que ambos autores estaban en la búsqueda de una epistemología que diera cuenta de la situación por la cual el administrador es en sí mismo un elemento del sistema que está administrando. Hace una o dos décadas nadie que estuviera en sus cabales se habría atrevido a considerar este problema, o incluso a formularlo de ese modo. Y si alguien lo hubiera hecho, todos los expertos se hubieran pasado un gran rato mostrando que esta autoinclusión es la raíz de toda paradoja. Estoy casi seguro que se hubieran referido al barbero de la ciudad que afeita a todos aquellos que no se afeitan a sí mismos (es claro que los que se afeitan a sí mismos no necesitan ser afeitados). Hasta aquí es claro. Pero, ¿debe el barbero afeitarse a sí mismo? Por supuesto que no, porque él afeita solamente a aquellos que no se afeitan a sí mismos. Aparentemente, él no debe afeitarse a sí mismo. Pero entonces. . . etcétera. Si él es un experto estudioso podría citar a la victoria de Bertrand Russell sobre el paradójico

"conjunto de todos los conjuntos que no se contienen a sí mismos como elementos" (con la irrespondible pregunta: ¿se contiene este grupo a sí mismo como elemento, o no?). Esta victoria fue celebrada como la "teoría de los tipos", en la cual este caballero liberal simplemente prohibió la autoinclusión con argumentos lógicos (una proposición debe ser o verdadera o falsa. En este caso, sin embargo, estas proposiciones son verdaderas cuando se las entiende como falsas, y falsas cuando se las reconoce como verdaderas).

Afortunadamente, la situación es hoy muy diferente, gracias a los trabajos pioneros de tres caballeros. Uno es Gotthard Gunther, un filósofo, ahora profesor en la Universidad de Hamburgo, que desarrolló el más fascinante sistema lógico de valores múltiples [4], muy diferente de los de Tarsky, Quine, Turquette y otros. Luego está Lars Lofgren, un especialista en lógica en Lund, Suecia, que introdujo la noción de "autología" [5], es decir, el de los conceptos que pueden ser aplicados a sí mismos y que, en algunos casos, se necesitan a sí mismos para existir. Me ocuparé de estos puntos en un momento. Finalmente, tenemos el trabajo de Francisco Varela, que está sentado aquí mismo y que, como todos ustedes saben, expandió el cálculo de indicaciones de G. Spencer-Brown transformándolo en el cálculo de la autoindicación [6].

Mi plan para este artículo es construir a partir de estas ideas y, en un intento de maximizar mi utilidad para esta reunión, presentaré mis puntos en forma complementaria a los de Malik y Probst en su artículo:

(i) En primer lugar, voy a expandir la noción de autología;

(ii) en segundo lugar, haré una breve presentación de una interpretación más bien general del concepto de computación, y de su realización (conceptual) en forma de "máquinas", porque necesito este concepto para el próximo punto que quiero presentar, a saber,

(iii) computaciones recursivas;

(iv) finalmente, haré uso de todo esto hablando acerca de autoorganización en el contexto socioadministrativo.

1. Autología

Deseo ocuparme aquí del administrador que se considera a sí mismo un miembro de la organización que está administrando. Si él toma en cuenta esto seriamente, tiene que aplicar sus percepciones y actos administrativos a sí mismo, a sus propias percepciones y actos. Administración

es, claramente, un concepto autológico. En algún otro contexto, se habla de tales conceptos como de "conceptos de segundo orden".

Para poder apreciar las peculiares propiedades lógicas que distinguen a las autologías de otros conceptos, los invito a participar en un experimento sugerido en la figura 1. Sírvanse seguir las instrucciones dadas en dicha figura, y no abandonen la tarea hasta que realmente la mancha negra haya desaparecido completamente.

Figura 1. Sostenga el libro con la mano derecha. Cierre el ojo izquierdo. Fije la vista en el asterisco. Mueva el libro lentamente hacia adelante y hacia atrás, a lo largo de la línea de visión, y observe cómo la mancha negra desaparece (a una distancia ojo-papel de 30 a 35 cm). Mantenga la vista fija en el asterisco, a la misma distancia ojo-papel, y mueva el libro lentamente en círculos: la mancha negra permanece invisible.

Usualmente se le llama a este fenómeno "mancha ciega" de nuestro campo visual, y los fisiólogos tienen una explicación muy directa para este fenómeno (figura 2). Hay un lugar en nuestra retina donde no hay células receptoras, ni conos, ni bastones. Este lugar es llamado el "disco", y es allí donde el nervio óptico abandona al globo ocular. Por supuesto que la mancha negra no puede ser vista cuando uno es forzado a proyectar esa mancha sobre el disco, manteniendo al asterisco enfocado en la fóvea.

Esta explicación parece resultar clara respecto de estas cuestiones, y podríamos pasar a ocuparnos de otras cosas. Sin embargo, quisiera hacer aquí dos comentarios, uno respecto del fenómeno mancha ciega en sí mismo, el otro acerca de esta explicación.

Lo que es aparentemente sorprendente en este experimento es su demostración de la incompletud de nuestro campo visual, incompletud de la cual somos totalmente inconscientes en condiciones normales. Si uno fuera ahora a subrayar la naturaleza autológica de la percepción visual o, de hecho, de la percepción en general, uno podría decir ¡que no vemos que no vemos!

Esto sugiere que el problema aquí no es no ver, el problema es no ver que no estamos viendo. Este es un problema de segundo orden, graciosamente pasado por alto en la explicación ortodoxa que vimos anteriormente. De allí que no ver el problema es nuevamente el fenómeno de la mancha ciega, sólo que, ahora, en el nivel cognitivo.

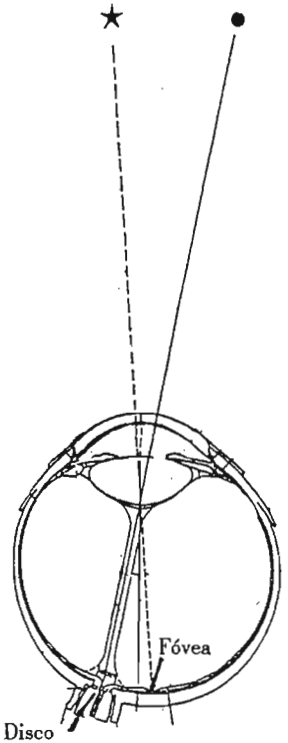


Figura 2. Sección horizontal del ojo humano derecho, mostrando el lugar de las proyecciones.

Mi estrategia de introducir conceptos de segundo orden conteniendo negaciones pretendía mostrar de una sola vez su inusual estructura lógica, porque en este caso la doble negación no produce una afirmación: no no-ver no implica ver.

Voy ahora a dar ejemplos de estos conceptos, dentro de un esqueleto lógico afirmativo, para llamar la atención nuevamente hacia los diferentes "tipos lógicos", como Gregory Bateson hubiera dicho, de nociones que están incluidas en su propio dominio.

Permítanme comenzar con "propósito". Si lo tomamos como un concepto de primer orden, podríamos hablar de algo "teniendo un propósito". Sin embargo, tomado en su nivel de segundo orden podríamos preguntar "¿cuál es el propósito de 'propósito'?", es decir, por qué introducir la noción de propósito. La respuesta es en este caso muy directa, a saber, para evitar contemplar trayectorias variables e impredictibles considerando una situación más o menos invariable: la "meta", el "fin", *telos*. Sin embargo, prestando atención a la naturaleza autológica del "propósito"nuestra mirada se desvía desde "algo", lo observado, a "alguien", por ejemplo, la persona que usa este término, es decir, el observador [7].

Volvámonos ahora hacia el lenguaje: "¿Qué es el lenguaje?", o mejor aun: "¿Qué es 'lenguaje'?" Cualquier cosa que esté siendo preguntada aquí, necesitamos al lenguaje para tener una respuesta; y, por supuesto, necesitamos al lenguaje para preguntar tal pregunta sobre el lenguaje. De aquí que, si no conocíamos la respuesta, ¿cómo podríamos haber hecho la pregunta?, y si en verdad no la conocíamos, ¿cómo será una respuesta que se responde a sí misma? [8]. El círculo semántico que estoy subrayando aquí sugiere una restricción lógica en una definición posible de "lenguaje", a saber, su naturaleza autológica. Es decir, para que cualquier conducta comunicativa referencial sea "lenguaje", debe contener una referencia a su conducta comunicativa (por ejemplo, un lenguaje debe ser capaz de expresar la noción de "lenguaje" o, como gusta decir Humberto Maturana, el lenguaje debe ser capaz de referirse a su referirse, debe ser capaz de "señalar al señalar"). Por supuesto, el máximo fastidio, en este contexto, es la pregunta de Ludwig Wittgenstein [9]: "¿Qué es una pregunta?", a la cual dejaré allí para que ustedes la aborden.

Como ejemplo final, me ocuparé ahora de la naturaleza autológica del tópico central de nuestra reunión, a saber, "organización". Permítanme hacer nuevamente el desvío desde una interpretación de primer orden de este concepto hacia una de segundo orden. Tomamos el verbo transitivo "organizar", luego estipulamos un mundo en el cual el organizador y su organización están tan fundamentalmente separados uno del otro como lo están las formas activa y pasiva; es el mundo de organizar al otro, es el mundo del mandamiento:

"Tú debes. . ."

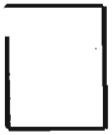
Al mismo tiempo, si contemplamos la organización de una organización de modo tal que una se introduzca en la otra, por ejemplo, en la "autoorganización", estipulamos un mundo en el cual el actor actúa, en última instancia, sobre sí mismo, porque él está incluido en su organización: es el mundo de organizarse a uno mismo, es el mundo del mandamiento:

"Yo debo. . ."

A partir de esto parecería claro que desviarse desde interpretaciones de primer orden a otras de segundo orden tuviera como una de sus consecuencias un desvío en los fundamentos epistemológicos de la ética. La novedad aparece en el último caso donde, por primera vez, uno puede empezar a ver al epistemólogo ético volviéndose capaz de dar cuenta de su propia epistemología.

Espero que con todos estos ejemplos de autología, y más explícitamente con el de autoorganización, se haya vuelto evidente mi posición de no permitir la ruta de escape russelliana hacia metadominios (por ejemplo, "metalenguajes", etc.). Pudiera ser que también se haya vuelto evidente el hecho esencial de aquellos conceptos que pueden aplicarse a sí mismos, a saber, la "clausura". Tal vez la siguiente simbolización de una organización que aplica su competencia a sí misma sugiera "clausura" aun más persuasivamente:

Más aun, aquellos de ustedes que estén familiarizados con el desarrollo formal de este argumento podrían reconocer en el "indicador recursivo" el símbolo de Francisco Varela para la condición autónoma que él introdujo hace casi diez años en su artículo seminal sobre un cálculo de la autorreferencia [6]:



Si bien al principio uno podría pensar que la introducción de la clausura agrega riqueza a los argumentos, de hecho produce lo opuesto. Quita un grado de libertad. Esto es así porque cualquier cosa que podamos considerar como el "fin" en cualquier dominio, debe coincidir con el "principio", porque si no el sistema no está cerrado. Dado que éste es un punto crucial, como verán en un momento, permítanme demostrar esto con dos ejemplos.

Tomaré el primero de la física, de los días tempranos de la mecánica ondulatoria. Como ustedes recordarán, algunos experimentos con partículas elementales, electrones en particular, sugirieron que podían interpretarse como si las partículas se estuvieran comportando como ondas, sumándose cuando las crestas se unían a otras crestas y los valles a otros valles; y anulándose cuando las crestas se encontraban con valles. De Broglie argumentó que si esto era así, los electrones orbitando al núcleo atómico se anularían siempre a sí mismos, a menos que se movieran en órbitas que fueran integrales múltiples de su longitud de onda (véase figura 3), porque sólo en ese caso las crestas se encontrarían con crestas, y los valles con valles; es decir, el final de un tren de ondas debía de ser su principio.

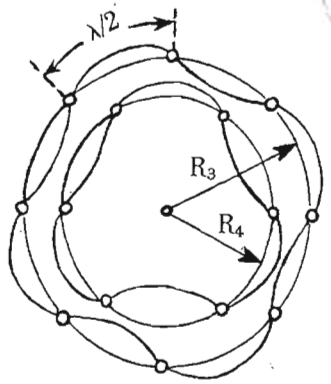


Figura 3. Orbitas estables del electrón a lo largo de Eigen-Radii (radios propios) que corresponden a las circunferencias de múltiplos de longitud de onda:

$$R_3 = 3\lambda/2\pi; \quad R_4 = 4\lambda/2\pi$$

Resulta claro que para cumplir con esta condición sólo pueden existir ciertas órbitas que se hallan separadas por "saltos cuánticos", y fue la confirmación de la hipótesis de De Broglie mediante la física cuántica lo que le valió el Premio Nobel.

Observen nuevamente, por favor, a partir del argumento o de la figura 3, que la condición de la clausura, que el final coincida con el principio, extrae, a partir de las infinitas posibilidades de movimiento del electrón alrededor del núcleo, un número discreto de soluciones cuyos valores cumplen con la condición deseada.

Estos valores son llamados "valores-Eigen" ("valores propios", o "autovalores"), tal como fueron denominados por primera vez a principios de siglo por el matemático David Hilbert en conexión con soluciones de problemas de similar estructura lógica.

Mi segundo ejemplo tiene que ver con las proposiciones autorreferenciales. Como ustedes podrán recordar siempre se creyó que éstas —por ejemplo, las paradojas de Epiménides, una de las cuales (la dificultad del barbero para afeitarse a sí mismo) mencioné anteriormente— eran verdaderas creadoras de problemas. Sin embargo, como veremos en un momento, estas situaciones no solamente no son irresolubles, sino que sus soluciones nos aportan esclarecimientos en otros dominios.

Consideren la siguiente frase incompleta:

ESTA FRASE TIENE ..... LETRAS

y busquen un número cuyo nombre en letras inserto en el espacio en blanco

haga a esta frase completa y consistente. Es claro que sólo algunos números del infinito reservorio disponible satisfarán esta condición. Por ejemplo, TREINTA no la satisfaría porque la frase "esta frase tiene treinta letras" tiene tan sólo 27 letras.

Hay dos soluciones, dos "valores-Eigen", para este problema que satisfacen las condiciones descritas anteriormente. Una de ellas es TREINTA Y UNA. En verdad, la frase:

ESTA FRASE TIENE TREINTA Y UNA LETRAS

tiene 31 letras. Más aun, observen que esta frase dice lo que hace.

Les sugiero buscar la otra solución, porque tal ejercicio lleva, forzosamente, a compenetrarse con lo que significa "hacer encontrarse a los extremos" [10].

Dado que en estos casos de clausura uno introduce el resultado de una operación de nuevo en esa misma operación, se habla de "operaciones recursivas" (de *re*: de nuevo, y *currere*: introducir). La teoría que provee el formalismo para estos procesos es llamada "teoría de las funciones recursivas". Hoy en día, ese campo de las matemáticas constituye un cuerpo de conocimiento extenso y bien establecido [11], y volveré a referirme a él, brevemente, más adelante.

¿Cuáles son las consecuencias de todo esto para la administración? Permítanme sugerir una que creo que tiene muchas ramificaciones:

En un sistema administrativo autoorganizador cada participante es también un administrador del sistema.

Tal estructura organizacional es llamada una "heterarquía" (*heteros* = el otro, y *archein* = gobernar) porque en cierto momento puede ser uno de vuestros vecinos quien está tomando las decisiones, en otro momento tú, en tanto vecino de otros. Esta organización es, por supuesto, lo opuesto de una "jerarquía", donde el "santo" (*hieros*) gobierna, donde el jefe tiene todo el poder, y la línea de mando va de arriba hacia abajo.

La noción de heterarquía fue introducida por primera vez, que yo sepa, por Warren McCulloch en uno de sus artículos: "Una heterarquía de valores determinada por la topología de las redes nerviosas" [12], que es una fiesta intelectual para el lector.

Tal como McCulloch lo dijo, él derivó el concepto de una heterarquía de un principio que él apreciaba mucho. Es el:

Principio del mando potencial, por el cual la información constituye a la autoridad.

Como ejemplo de este principio él solía contar la historia de la batalla de las Islas Midway durante la cual la flota japonesa estuvo a

punto de destruir a la estadounidense. En verdad el barco insignia estadounidense fue hundido en los primeros minutos, y su flota fue abandonada a su propia organización, yendo de una jerarquía a una heterarquía. Lo que pasó entonces fue que el encargado de cada barco, grande o pequeño, tomaba el comando de toda la flota cuando se daba cuenta de que, dada su posición en ese momento, sabía mejor lo que iba a hacer. Como todos sabemos, el resultado fue la destrucción de la flota japonesa y el punto de viraje decisivo de los acontecimientos de la guerra del Pacífico.

2. Máquinas

Estoy seguro de que ustedes habrán notado los dos temas a los cuales volví una u otra vez en mi presentación, autorreferencia y clausura, y que también se dieron cuenta de mi intento de entrelazar ambas nociones. El instrumento de ese intento fue la "recursión", y espero que hayan podido tomar algo de su gusto porque quisiera ahora demostrar el poder de ese concepto en el contexto de nuestra reunión. Dado que deseo hacer eso invocando pasos elementales de su formalismo, el formalismo de las computaciones recursivas, haré primero algunas consideraciones preliminares sobre computación en general.

En primer lugar, permítanme recordarles que la raíz etimológica de "computación" no la confina de ninguna manera a experiencias numéricas. La palabra es una fusión de "*com*" = al mismo tiempo, y de "*putare*" = contemplar, es decir, contemplar cosas al mismo tiempo. Es claro que no hay restricción alguna respecto de las "cosas" contempladas, y yo usaré el concepto en este sentido general.

Voy a usar, como vehículo para poder hablar acerca de computación, la idea de una "máquina", en el sentido con que fue introducida por Alan Turing hace casi medio siglo, es decir, como un artefacto conceptual con reglas bien definidas de operación. Sin embargo, no voy a describir aquí a una máquina de Turing [13], porque nos llevaría muy lejos de nuestro tema central, pero les haré una descripción de artefactos computacionales conceptuales aun más abarcativos, las así llamadas "máquinas de estado finito" [14].

Hay dos clases de esas máquinas disponibles hoy en día, las máquinas de estado finito triviales y las no-triviales, o MT y MNT. Voy, en primer lugar, a exaltar los encantos de la máquina trivial (MT), para luego desarrollar los de las MNT.

La máquina trivial

La figura 4 es una representación esquemática de una MT, en la cual x, y, f, se refieren a "entrada", "salida", y "función", respectivamente, y las flechas indican la dirección en la que se realizan las operaciones.

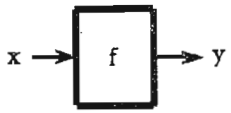


Figura 4. Máquina trivial

La idea es lograr una comprensión clara del proceso. Supongamos, por ejemplo, que x e y representan a los números naturales 1, 2, 3, 4, . . ., y que la función de esta máquina es producir una salida y que representa la segunda potencia de la entrada x (x elevado al cuadrado), es decir, esta máquina es una MT "elevadora al cuadrado". Ustedes saben, por supuesto, qué es lo que está pasando aquí, y también saben que hay una variedad de modos de describir esto, algunos de ellos antropomórficos (o incluso biomórficos). Por ejemplo, si uno alimenta a nuestra máquina elevadora al cuadrado con un 4 (x=4), va a "arrojar" un 16 (y=16). O bien tomemos otra MT, una de esas que vemos hoy en día en las cajas registradoras de los supermercados. Una mercadería es pasada por sus líneas codificadas sobre el "sensor" de la máquina, y la impresora inscribe "FIDEOS. . .: 3.50" en la factura (es una MT "facturadora"). O bien consideremos otra que arroja una pelota al aire (x=arrojar) y la observa volando hacia arriba y cayendo (y=observar). Esta sería la operación de una MT de "atracción-gravitación". O si no consideremos la estructura del silogismo deductivo. El ejemplo clásico es, por supuesto: "Todos los hombres son mortales" (premisa mayor); "Sócrates es un hombre" (premisa menor); y la conclusión: "Sócrates es mortal". Llamo a ésta la máquina trivial "Todos-los-hombres-son-mortales", porque cualquier cosa que tomen como entrada, mientras sea un hombre, obtendrán un cadáver (potencial) emergiendo del otro lado; etcétera.

He elegido esta ultrajante mezcla de ejemplos porque quería dejar bien en claro los siguientes tres puntos:

Número uno: A pesar de la tremenda variedad de contextos de estos ejemplos, el esquema subyacente de argumento, lógica, operación, etcétera, es en todos el mismo: debido a la relación invariable (f) entre entrada

(x) y salida (y), una vez observada una y para una determinada x, será siempre la misma y para la misma x ofrecida ulteriormente como entrada. La consecuencia de esto es que todas las MT son:

(i) predictibles;

(ii) independientes de la historia;

Número dos: Debido a la popularidad del esquema inferencial de las máquinas triviales, las tres entidades determinantes de la máquina, x, y, y f, aparecen y reaparecen con los más diversos nombres, dependiendo de los más diversos contextos. He aquí una lista incompleta:

x	f	y
variable independiente	función	variable dependiente
causa	ley de la naturaleza	efecto
premisa menor	premisa mayor	conclusión
estímulo	S.N.C.	respuesta
motivación	carácter	actos
meta	sistema	acción
. . .	. . .	. . .

Número tres: Cuando una MT es sintetizada, es decir, cuando la correspondencia x-y (es decir, la función f) se establece, esta máquina es entonces definida sin ambigüedad. Uno habla en este caso de un sistema sintéticamente determinado. Un hecho particularmente agradable de estas máquinas es que también son analíticamente determinables, porque uno tiene, simplemente, que registrar la y correspondiente a cada x. Ese registro es, entonces la "máquina". De ahí que todas las MT sean:

(iii) sintéticamente determinadas;

(iv) analíticamente determinables.

Voy a resumir ahora todo esto invitándolos a contemplar una máquina trivial que tiene las siguientes propiedades:

Puede distinguir cuatro estados de entrada (x): A, U, S, T; y dos estados de salida (y): 0, 1. La correspondencia entre x e y se establece a través de la siguiente tabla:

f

x	y
A	0
U	1
S	1
T	0

Así es como, a partir de la secuencia de entradas de, por ejemplo, A, U, S, T, la máquina computará la secuencia de salidas 0, 1, 1, 0; o a partir de la secuencia U, S, A, computará 1, 1, 0; y cuando esta secuencia se repita una y otra vez, obtendremos una y otra vez, 1, 1, 0, hasta el día del Juicio Final.

Máquinas no triviales

La obediencia es la característica esencial de una máquina trivial; parecería que la desobediencia es la de una máquina no trivial. Sin embargo, como veremos, la MNT también es obediente, pero obedece a una voz diferente. Uno podría tal vez decir obediente a su voz interior.

¿En qué se diferencia una MNT de una MT? De hecho, en un hecho muy simple pero de profundas consecuencias: una respuesta observada una vez para un estímulo dado puede no ser la misma para el mismo estímulo ofrecido ulteriormente.

El modo más fructífero de dar cuenta de tales cambios en su operar puede ser a través de los estados internos de la máquina (z), cuyos valores codeterminan su relación entrada - salida (x, y). Más aun, la relación entre los estados internos presentes y subsecuentes (z, z') está co-determinada por las entradas (x). Tal vez el mejor modo de visualizar esto sea viendo este sistema como una máquina adentro de otra máquina (véase figura 5).

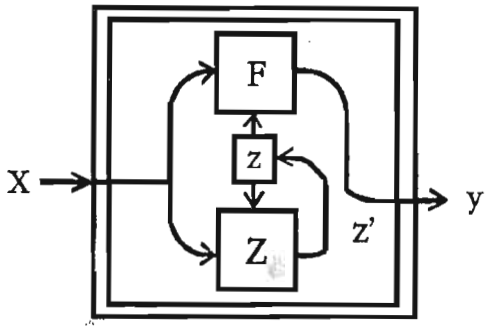


Figura 5. Máquina no-trivial.

Desde afuera, esta máquina se parece mucho a una máquina trivial, con una entrada x y una salida y. Sin embargo, cuando le sacamos la tapa (como en la figura 5), podemos ver las entrañas de una MNT. Lo original aquí es el lugar (círculo en el centro) que contiene al estado interno z. Este estado, junto a la entrada x, provee —por una parte— una entrada a F, una máquina trivial que computa la salida y de la máquina no trivial, y —por otra parte— a Z, otra máquina trivial que computa el posterior estado interno z'. A partir de lo dicho debería quedar claro que la máquina no trivial también está sintéticamente determinada.

Les mostraré tal máquina funcionando en un momento, pero me gustaría, en primer lugar, aclarar cierta terminología. En general se les llama a F y a Z, función motriz y función de estado respectivamente. Algebraicamente esto se expresa como:

$$y = F\ (x, z)\ \text{Función motriz}$$
$$z' = Z\ (x, z)\ \text{Función de estado}$$

Tal vez se hayan dado cuenta de que la función de estado Z expresa una cantidad (z') a través de sí mismo en un estadio previo (z). Esta es la esencia de las computaciones recursivas. Hablaré acerca de esto en el punto 3.

Construyamos ahora una MNT mínima, relacionada tan próximamente como sea posible con nuestra MT anterior. Una extensión mínima sería simplemente agregar un estado interno, de modo tal que ahora tengamos no uno, sino dos, estados internos. Llamémolos I y II, y supongamos que sus funciones motriz y de estado son:

Cuando está en I			Cuando está en II		
x	y	z'	x	y	z'
A	0	I	A	1	I
U	1	I	U	0	II
S	1	II	S	0	I
T	0	II	T	1	II

Exploremos ahora el comportamiento de esta máquina. Sugiero empezar con el primer símbolo de entrada *A*. Le presentamos a la máquina varias *A*es (*A, A, A,. . .*), y para nuestra satisfacción obtenemos, consistentemente, ceros (0, 0, 0, . . .). Nos volvemos luego a una secuencia de *U*es (*U, U, U,* . . .), a la cual la máquina responde con una secuencia de unos (1, 1, 1, . . .). Confiadamente, probamos con la entrada *S* y obtenemos 1, pero cuando elegimos *S* nuevamente, algo desagradable ocurre, para quien no conoce el funcionamiento interno de la máquina: la máquina responde con un 0, en vez de un 1. Podríamos haber predicho eso, porque la función de estado cambia a la máquina, cuando está en I, a su estado interno II, cuando se le presenta *S*, y en ese caso la respuesta al estímulo "*s*" es "0". Sin embargo, estando en II, dado *S*, la máquina vuelve a su estado interno I, y probar nuevamente con *S* va a producir 1, etcétera.

Si probamos con la patriótica secuencia *USA*, dependiendo de si uno empieza en el estado interno I ó II, responderá con 111 o con 000, indicando, aparentemente, diferentes convicciones políticas. Tal vez estos ejemplos basten para calificar a estas máquinas como "no-triviales".

Más importante aun es ver la diferencia entre aquel que conoce las funciones motriz y de estado de la máquina (tal vez él la sintetizó), y aquel otro que no tiene acceso a este conocimiento y se ve limitado a observar secuencias de pares de entrada-salida como única base para hacer hipótesis acerca del funcionamiento interno de esta máquina.

A primera vista, la diferencia entre el conocedor y el experimentador puede no parecer tan severa. Es claro que el experimentador tiene la aburrida tarea de recorrer todas estas secuencias para establecer las reglas que las producen; sin embargo, en última instancia, él debería ser capaz de descubrir el código de estas máquinas, y sus funcionamientos se volverían tan trasparentes para él como para el conocedor: difícil, pero no imposible.

Pero esto no es así.

Permítanme primero ocuparme de cuán "difícil". El problema aquí es identificar entre todas las posibles máquinas con el número dado de estados de entrada y de salida, aquellas que estamos investigando. Por "identificar" entendemos, por supuesto, inferir, a partir de las secuencias observadas de pares de entrada/salida las funciones motriz y de estado de la máquina.

Si una máquina no trivial tiene dos estados posibles de salida, digamos 0 y 1, como es el caso de la nuestra, y 2, 4, 8, ó 16 estados de entrada ($n = 1, 2, 3, 4$). Nuestra máquina tiene cuatro estados de entrada *A, U, S, T* ($n = 2$), y de allí que nuestro experimentador tiene que buscar entre:

$$6 \cdot 10^{76}$$

diferentes máquinas para encontrar la correcta. ¿Difícil? ¡No! ¡Transcomputacional!

Pasemos ahora a cuán "posible". Existe una gran clase de máquinas cuyas funciones motrices y de estado son tales que es *en principio* imposible inferir estas funciones a partir de los resultados de un número finito de pruebas: ¡el problema general de la identificación de la máquina resulta insoluble! Esto también significa que hay máquinas no triviales que son incognoscibles.

Voy a resumir ahora los hechos esenciales de las máquinas no triviales, para concluir luego con algunos comentarios. Uno puede decir, en paralelo con lo que dije antes acerca de las máquinas triviales, que las MNT son:

(i) sintéticamente determinadas;

(ii) dependientes de la historia;

(iii) analíticamente indeterminables;

(iv) analíticamente impredictibles.

Con el principio expresado en (iii) las máquinas no triviales se unen a sus famosas hermanas, que anuncian otras limitaciones:

Gödel: Teorema de incompletud;

Heisenberg: Principio de incertidumbre;

Gill: Principio de indeterminación.

Si uno tiene en cuenta las otras incomodidades de estas máquinas, a saber, la dependencia de su pasado y su impredictibilidad, nuestros

esfuerzos por eliminar o por suprimir todas las incertezas de nuestro ambiente resultan bien entendibles. Cuando compramos una máquina pretendemos que funcione exactamente como se suponía que debía funcionar. Cuando giramos la llave del arranque en nuestro automóvil, debe arrancar; cuando marcamos un número telefónico, queremos la comunicación correcta, etcétera; queremos máquinas triviales. De ahí que nos gusten esas garantías que, en esencia, están diciendo: ". . . esta máquina seguirá siendo una máquina trivial por, al menos, un año". Si, a pesar de esto, muestra algunas tendencias no triviales (el automóvil no arranca, etcétera) llamamos a un especialista en trivialización para que remedie la situación.

Todo esto está muy bien. Sin embargo, cuando empezamos a trivializarnos unos a otros, no solamente nos volveremos ciegos rápidamente, sino que también nos volveremos ciegos a nuestra propia ceguera. La trivialización mutua reduce el número de alternativas, yendo así en contra del imperativo ético que les anuncié al principio. La tarea que nos ocupa es una de:

destrivialización.

3. Computaciones recursivas

¿Es el mundo una máquina trivial, o no trivial? Tal vez Einstein tenía una respuesta para esto cuando dijo: "*Raffiniert ist der Herrgott, aber boshaft ist er nicht*" (El señor es sutil, pero no malicioso [15]). Y Heisenberg preguntó: ¿cuál hubiera sido su respuesta después de ver que la interferencia de una observación deja a lo observado en un estado de incertidumbre? ¿O deberíamos invertir su principio y decir, más correctamente, que la interferencia de una observación deja al *observador* en un estado de incertidumbre?

Tal vez la pregunta original contenga una debilidad implícita al estipular una dicotomía entre un mundo observado, y aquel que hace las observaciones. Tal vez cada uno de nosotros tenga que contestar primero, para sí mismo, la pregunta: "¿Soy yo una parte del Universo, o estamos ambos separados?" Dicho de otro modo, debemos considerar una epistemología en la cual yo, el observador, estoy incluido en el dominio de mis observaciones, o debemos prohibir este mecanismo de reentrada (ya que en última instancia nos veríamos a nosotros mismos).

La posición ortodoxa respecto de este punto es estipular la separación del observador del mundo de lo observado, un mundo usualmente percibido como una máquina trivial cuyo funcionamiento debíamos descubrir.

Siendo que esta perspectiva está de lo más extendida, no es necesario que me demore en ella.

En su lugar, expandiré los conceptos de autología y de clausura que presenté antes, haciendo uso pleno de las nociones de "máquinas", cuyo funcionamiento bajo clausura, hemos de explorar ahora.

Consideremos una red de máquinas interactuantes. Por ello entiendo que la salida de cada máquina es una entrada para algunas otras (o para sí misma); y la entrada de cada máquina es una salida para algunas otras (o para sí misma) (véase figura 6a). Dado que no hay salida hacia el mundo afuera de esta red, el sistema está en clausura, constituye su propio mundo. Ross Ashby, que fue uno de los primeros en estudiar la actividad de tales redes, se refirió a ellas como "sistemas sin entrada" [16].

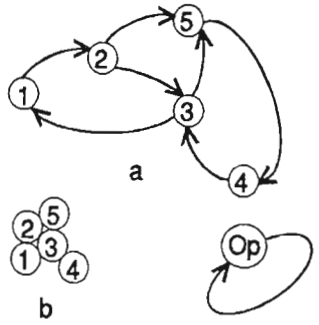


Figura 6. Red de máquinas interactuantes.

Si fuéramos a tomar una de las conexiones entre dos máquinas cualesquiera para observar el flujo de señales entre ellas, resultaría irrelevante a cuántas más ellas están conectadas (6b): toda la red actúa como una única MNT cuya salida es su entrada (6c).

Consolidemos la operación de toda la red entre los puntos elegidos de entrada y de salida en un operador:

Op

y hagamos que el resultado de esta operación se vuelva el comienzo de la operación siguiente. En otras palabras, hagamos de ésta una operación recursiva.

Llegados a este punto me he estado esforzando en decidir si debo permitirles acompañarme a través de los pasos de un enfoque formal

elemental de la teoría de las funciones recursivas, o si debo, tan sólo, resumir algunos de sus resultados. Como no pude decidirme haré ambas cosas, porque ustedes pueden siempre saltear varios pasos en los argumentos formales, y pasar el resumen. Sin embargo, les recomiendo que me acompañen por los cuatro puntos de este abecedario sobre recursiones, porque disfrutarán mucho más de las consecuencias del argumento después de haber observado su desarrollo.

Un abecedario sobre recursiones

Elementos de un formalismo.

1. Consideremos a la variable (independiente) x_0 (llamémosla el "argumento primario", suscrita con "0" para indicar que es la variable tomada "ab ovo").

1.1. Podría darse el caso de que esta variable asumiera valores numéricos, o bien podría representar ordenamientos (por ejemplo, grupos de números, vectores, configuraciones geométricas, etcétera); funciones (por ejemplo, polinomios, funciones algebraicas, etcétera); conductas descritas por funciones matemáticas (por ejemplo, ecuaciones de movimiento, etcétera); conductas descritas por proposiciones (por ejemplo, las expresiones proposicionales temporales de McCulloch-Pitts, etcétera).

2. Consideremos una operación (transformación, algoritmo, funcional, etcétera):

"Op"

actuando sobre la variable x_0; indiquemos la acción sobre este operando x_0 por:

$$\mathrm{Op}\,(x_0)$$

Llamemos x_1 a los valores generados por la primera aplicación de Op sobre x_0:

$$x_1 = \mathrm{Op}\,(x_0) \qquad (1)$$

o gráficamente:

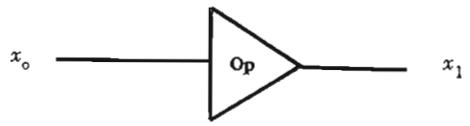


Figura 7

2.1. Apliquemos Op a x_1, y llamemos x_2 a los valores así generados:

$$x_2 = \mathrm{Op}\,(x_1) \qquad (2)$$

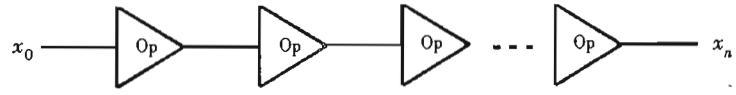
es decir, x_2 representa los valores generados haciendo operar a Op dos veces sobre x_0. (Con la ecuación (1) y (2)):

$$x_2 = \mathrm{Op}\,(x_1) = \mathrm{Op}\,(\mathrm{Op}\,(x_0)) \qquad (3)$$

2.2. Llamemos Op $(^n)$ a la aplicación n-ava de Op a una variable, tenemos entonces:

$$x_n = \mathrm{Op}\,(^n)\,(x_0) \qquad (4)$$

o gráficamente:



n veces

Figura 8

3. Consideremos el caso en que Op es aplicado infinitamente ($n \to \infty$) a una variable, digamos, x_0:

$$x_\infty = \mathrm{Op}\,(^\infty)\,(x_0) \quad \text{ó} \quad (5)$$

$$x_\infty = \mathrm{Op}\,(\mathrm{Op}\,(\mathrm{Op}\,(\mathrm{Op}\,(\mathrm{Op}\,(\mathrm{Op}\,(\mathrm{Op}\,(\mathrm{Op}\,(\mathrm{Op}\,(\mathrm{Op}\,(\ldots \qquad (6)$$

3.1. Contemplemos la expresión (6) y observemos que:

3.1.1. La variable independiente x_0, el "argumento primario", desapareció;

3.1.2 Dado que expresa una recursión infinita de los operadores Op sobre los operadores Op, cualquier recursión infinita dentro de tal expresión puede ser remplazada por x_∞:

$$x_\infty = \mathrm{Op}\ (\mathrm{Op}\ (\mathrm{Op}\ldots\ldots$$

$$\llcorner x_\infty \text{———>}$$

$$\llcorner \text{——} x_\infty \text{—>}$$

3.2. De ahí:

$$x_\infty = \mathrm{Op}\,(x_\infty) \qquad (7.1)$$

$$x_\infty = \mathrm{Op}\,(\mathrm{Op}\,(x_\infty)) \qquad (7.2)$$

$$x_\infty = \mathrm{Op}\,(\mathrm{Op}\,(\mathrm{Op}\,(x_\infty))) \qquad (7.3)$$

etcétera.

3.3. Si hay valores $x_{\infty i}$ $(i = 1, 2, 3, 4, \ldots)$ que satisfacen a las ecuaciones (7), llamemos a estos valores:

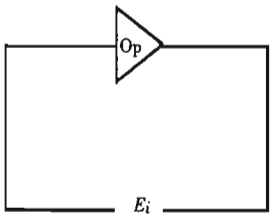
"Valores-Eigen"
("Valores-propios" o "autovalores")
$E_i = x_{\infty i}$

(o Funciones-Eigen; Operadores-Eigen; Algoritmos-Eigen; Conductas-Eigen (=Objetos), etcétera, de acuerdo con el tipo de argumento primario).

4. Contemplemos las expresiones (7) y observemos que:

4.1. Los valores-Eigen son discretos (aun cuando el argumento primario sea continuo). Esto es así porque cualquier desplazamiento infinitesimal $\pm\varepsilon$ a partir de un valor-Eigen *Ei* por ejemplo, $E_i \pm\varepsilon$) desaparecerá, como lo hacen todos los valores de x_0, excepto aquellos para los cuales sucede que $x_0 = E_i$.

4.2. Clausura:



ya que sólo en estas condiciones operador y operando son equivalentes. Es decir que:

4.2.1.

$$\lim_{n \to \infty} \mathrm{Op}^{(n)} = \mathrm{Op}\text{—}\lrcorner \qquad (8)$$

4.3. Dado que un operador implica a sus valores-Eigen E_i, y viceversa, los operadores y los valores-Eigen son complementarios (Op $\leftarrow\!\!\rightarrow$ E_i; uno puede representar al otro).

4.3.1. Dado que los valores-Eigen se producen a sí mismos (a través de sus operadores complementarios), los valores-Eigen son autorreflexivos.

Ejemplos

1. Consideremos el grupo:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0.

Apliquémosle el "operador evolutivo" OE de Ashby:

OE = "Elija dos números al azar; haga el producto (de dos dígitos) de esos números (por ejemplo: $2 \times 3 = 06$); remplace los dos números elegidos por los dígitos de su producto."

$x_0 = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0$
$x_1 = 1, 0, 6, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0$
$x_2 = 1, 0, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0$
$x_3 = 1, 0, 2, 4, 5, 6, 1, 8, 9, 0$
$x_4 = 1, 0, 2, 4, 4, 6, 1, 0, 9, 0$
$x_5 = 1, 0, 2, 0, 4, 6, 4, 0, 9, 0$

(observen la desaparición de los impares)

$x_6 = 1, 0, 2, 0, 4, 6, 4, 0, 0, 0$
$x_7 = 1, 0, 2, 0, 4, 0, 4, 0, 0, 0$

(observen la emergencia de ceros)

$x_8 = 1, 0, 2, 0, 4, 0, 4, 0, 0, 0$
$\ldots$
$x_{15} = 0, 0, 2, 0, 4, 0, 0, 0, 0, 0$
$\ldots$
$x_{\infty} = 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 = E_1$

2. Consideremos el grupo:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0.

Apliquémosle el "operador co-evolutivo" OC de Ashby:

OC = "Elija dos números, α, β, al azar; cambie a β por el último dígito del resultado de la operación:

$$\alpha^4 + \beta^4$$

mantenga α sin cambios".

A partir de la tabla siguiente, donde aparecen los últimos dígitos para cada uno de los pares, α, β, uno puede convencerse de que los grupos-Eigen contienen o números 2 ó números 7 en igual cantidad, o bien números 2 solamente (observen que en cada caso de que los números 2 desaparezcan completamente, serán regenerados a través de los números 7. La inversa no es cierta).

Tabla

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	2	7	2	7	6	7	2	7	2	1
2		2	7	2	1	2	7	2	7	6
3			2	7	6	7	2	7	2	1
4				7	1	2	7	2	7	6
5					6	1	6	1	6	5
6						2	7	2	7	6
7							2	7	2	1
8								2	7	6
9									2	1

3. Consideremos al operador "extraer la raíz cuadrada" RC, y apliquémoslo recursivamente sobre un valor inicial arbitrario x_0.

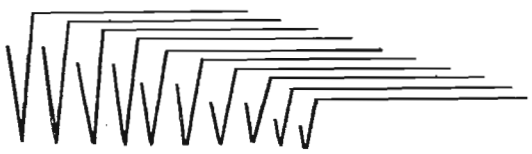
La tabla adjunta da los valores de la secuencia $x_1, x_2, x_3, \ldots$ etcétera, para el valor inicial:

$$x_0 = 137$$

Observen la convergencia hacia el valor-Eigen:

$$x_\infty = 1$$

Observen también la complementariedad:

$1 =$ 

$x' = \mathrm{RC}\ (x)$
x inicial $= 137$

11.70469991
3.42121322
1.84965218
1.36001918
1.1661986
1.07990675
1.03918561
1.01940453
1.00965564
1.00481622
1.00240521
1.00120188
1.00060076
1.00030033
1.00015015
1.00007507
1.00003753
1.00001876
1.00000938
1.00000469
1.00000234
1.00000117
1.00000058
1.00000029
1.00000014
1.00000007
1.00000003
1.00000001
1
1

4. Consideremos a los operadores "seno" y "coseno" operando uno sobre el otro recursivamente:

$$x' = cos\ (y)$$
$$y'' = sen\ (x')$$

La tabla adjunta presenta a la secuencia:

$$x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, \ldots$$

para el valor inicial:

$$y_0 = 3$$

Observen el acercamiento oscilante hacia los valores-Eigen de los dos operadores "viéndose a sí mismos a través de los ojos del otro":

$$cos\ (sen\ (0{,}768169\ldots)) = 0{,}768169\ldots$$
$$sen\ (cos\ (0{,}694819\ldots)) = 0{,}694819\ldots$$

Noten la diferencia entre los valores-Eigen de estos operadores, cuando cada operador es tomado separadamente:

$$cos\ (0{,}739085\ldots) = 0{,}739085\ldots$$
$$sen\ (0{,}000000\ldots) = 0{,}000000\ldots$$

Observen también la rápida convergencia hacia los valores-Eigen mutuos. Después de tan sólo 36 pasos los valores estables se aproximan en uno en un millón.

INICIAL $Y = 3$

0,9899924293	0,6916683255	0,7681274735	0,6918202121
-0,8360218258	0,7701829913	0,6947897149	0,7681687568
0,6704198624	0,6967666013	0,7681933513	0,6948198033
0,6213150305	0,7672419786	0,6943334981	0,7681693438
0,3131136789	0,6941525818	0,7681603226	0,6948193267
0,7264305416	0,7685961014	0,6948133393	0,7681690722
0,7475500224	0,6951266802	0,7681732221	0,6948196847
0,6798440992	0,7679725702	0,6949226158	0,7681692011
0,777670743	0,6946783	0,7681672922	0,6948197269
0,701621614	0,7682596786	0,6745183514	0,7681691408
0,7637965103	0,6948847942	0,7681700157	0,6948196921

Espero que con esta breve descripción de algunos puntos de la teoría de la funciones recursivas y con algunos ejemplos de sus aplicaciones, ustedes podrán, al menos, tener una idea de este método, y podrán ver en la operación recursiva un principio de autoorganización que permite emerger —cristalizar— a ciertas estructuras a partir de estadios previos, arbitrarios. Sin embargo, no he mencionado muchos otros interesantes resultados que incluyen valores-Eigen múltiples, composición de tales estados, y muchos otros.

Más aun, ejemplos en los cuales los estados-Eigen no son cantidades numéricas sino que son en sí mismos operadores (operadores-Eigen), o ejemplos de otros dominios hubieran sido esclarecedores. Sin embargo, esto requeriría un aparato formal mucho más elaborado, y para el estudio de tales casos debo remitirlos a la literatura (11, 12, 18).

Sin embargo, no puedo terminar este resumen sin una breve mención acerca de los resultados de los estudios de Ashby sobre la dinámica de grandes sistemas sin entrada. En una simulación en computación de un ordenamiento como el de la figura 6a, Ashby conectó en una serie de experimentos 100, y en otra 1000 máquinas no triviales (esencialmente

computando en sus entradas una variedad de funciones lógicas), y después de determinarles un valor inicial las dejó funcionar en libertad. Después de algunos valores temporarios al principio (véanse también nuestros ejemplos), los sistemas se establecieron en ciertas conductas-Eigen, por ejemplo, "ciclos límites" de diferente longitud, representando en muchos casos grandes dominios de valores iniciales. Su término para este fenómeno era poliestabilidad [16]. Sus estudios han sido revividos recientemente con ordenadores mucho más rápidos y grandes por un grupo francés, llevando a muchos nuevos y fascinantes resultados [19].

Concluiré ahora mi historia sobre las computaciones recursivas con algunas palabras sobre la terminología utilizada. Como mencioné anteriormente, fue David Hilbert quien, a comienzos de siglo, introdujo los términos valor-Eigen y función-Eigen, términos que yo encuentro particularmente bien elegidos para representar la lógica en uso en estos casos. Algo más tarde, otro atractivo hecho de estos valores, a saber, la invariancia bajo sus operaciones correspondientes, les valió el nombre de "puntos fijos". Y recientemente ciertos expertos en computación descubrieron estos fascinantes valores para sí mismos, y dado que no podían dar crédito a sus ojos cuando vieron lo que vieron, les llamaron "extraños atractores", un término que, lamento decirlo, encuentro repulsivo.

4. Socioadministración

Malik y Probst en su artículo sobre administración evolutiva ven, por supuesto, al papel de la negociación desde la perspectiva de la empresa como un sistema autoorganizador, en evolución. Quisiera agregar a sus observaciones algunos puntos que surgen de las estrategias que acabo de trasmitirles.

Propongo ver a las negociaciones, por un momento, como un intento, por parte de los miembros de un grupo, de "resolver un problema común". Pretendo que las comillas en este caso actúen como banderas, como señales de alarma, que nos inviten a reexaminar los sobreusados y sobreabusados términos que ellas encierran. ¿Qué significa "resolver", "común", "problema"? ¡Es muy probable que no haya tal problema común! Cada uno de los miembros puede tener el suyo propio; peor aun, es probable que él no tenga un problema, tal vez él sea el problema; etcétera.

Manteniendo presente esta advertencia, propongo ver nuevamente a las negociaciones como una tarea de resolución de problemas, en la cual una de las soluciones puede ser la identificación de un "problema común".

Dinámica de pequeños grupos

Voy a describir ahora uno de los primeros experimentos en dinámica de pequeños grupos, un experimento que es, para mi gusto, muy poco conocido para las muchas interesantes conclusiones que se pueden sacar de sus resultados. Este experimento fue diseñado a comienzos de la década de 1950 por Alex Bavelas [20], por entonces en el MIT (Massachusetts Institute of Technology), quien se interesó por la evolución de las estrategias y sentimientos de gente con diferentes niveles de pericia, que participaban en diversas tareas cuyos medios y fines estaban dados en términos que iban de la trasparencia a la opacidad. Parecería haber una similitud en este caso con las situaciones en las cuales el principio del mando potencial podría tener sus aplicaciones. Sin embargo, éste no es el caso, porque aquí las acciones intentadas están, de algún modo, controladas, como veremos en un momento (y registradas).

La tarea dada a los miembros de un grupo de cinco es encontrar el único símbolo común en un mazo de cartas, del cual cada miembro tiene sólo una carta para mirar, pero se puede comunicar con los otros, exclusivamente a través de canales prescritos, para obtener la información necesaria acerca de los otros símbolos. Permítanme describir en primer lugar al mazo de cartas, y luego el ordenamiento espacial de este experimento.

Cartas: Consideremos seis símbolos diferentes, por ejemplo, un cuadrado, una cruz, un triángulo, etcétera, a los que llamaré por conveniencia 1, 2, 3, 4, 5, 6. Diseñemos seis cartas diferentes, a cada una de la cuales le falta un símbolo, y teniendo los otros cinco:

1	2	3	4	5	6
2	1	1	1	1	1
3	3	2	2	2	2
4	4	4	3	3	3
5	5	5	5	4	4
6	6	6	6	6	5

La última línea del esquema muestra el símbolo faltante.

Resulta claro que sacando de este grupo a una carta a la que le falte, digamos, el símbolo 3, las cartas restantes del grupo tendrán sólo un símbolo en común, a saber, el 3.

Resulta también claro que de este modo pueden generarse seis grupos o mazos de cartas, cada uno distinto de los demás por su símbolo común.

En una sesión preliminar de acostumbramiento se le da a cada próximo participante uno de esos grupos con la tarea de identificar al símbolo común. Eso toma entre 20 y 40 segundos, para ser respondido. En ese momento se les dice que en la situación experimental real cada uno de ellos verá solamente una carta, y tendrá que inferir el símbolo común a través de interacciones con otros miembros del grupo.

Espacio: Consideremos dos cilindros pentagonales concéntricos, en los que el espacio entre ellos está subdividido en cinco compartimientos idénticos, cada uno de los cuales permite ubicar confortablemente a uno de los participantes, sentado frente a un escritorio ancho y poco profundo. En la pared frente al escritorio hay espacios, algunos abiertos, algunos cerrados, a través de los cuales pueden enviarse mensajes a, o recibirse de, otros participantes, a través de tubos que están escondidos detrás de las paredes. El único modo en que los participantes pueden interactuar es a través de estos tubos, ya que paredes aisladas al sonido, etcétera, restringen otros medios.

Dos puntos cruciales en el diseño de este experimento son:

(i) la posibilidad de especificar de antemano (desconocida por los participantes) la conectividad entre compartimientos, por ejemplo, entre los que aparecen en la figura 9; y

(ii) la posibilidad de seguir el proceso comunicacional a través de mensajes con papeles y lápices codificados por número y color.

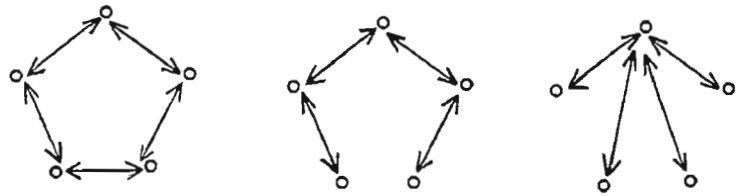


Figura 9. Varios grupos conectados.

Experimento: Una sesión comienza con los cinco participantes sentados en sus compartimientos y observando una carta de las cinco posibles. Ellos pueden usar sus talonarios de notas para cualquier mensaje, pregunta, respuesta, o lo que fuere, enviado a los demás. Tan pronto como cada

participante piensa que sabe cuál es el símbolo común, presiona el botón apropiado, uno de seis que él tiene en su escritorio. La sesión termina cuando todos los participantes han presionado el mismo botón.

Resultados: Aunque los experimentos dieron lugar a una gran cosecha de resultados, voy a referirme solamente a dos tipos de variables dentro de todo ese diseño. Una tiene que ver con la conectividad, la otra con diferentes símbolos. La variación en la conectividad, por ejemplo, de un "círculo" (figura 9a) a una "estrella" (figura 9c), produce cambios en el rendimiento que son de por sí muy impactantes. Al variar los símbolos, los cambios fueron dramáticos. En un grupo de experimentos símbolos identificables fueron usados en grupos conectados de diferente manera. En el otro grupo se introdujo "ruido" en los canales de comunicación —o tal vez deberíamos decir en los canales cognitivos— usando "símbolos" que no sólo eran difíciles de distinguir, sino que ni siquiera tenían nombres: se usaron bolitas diferentemente moteadas, en lugar de símbolos.

Permítanme contarles en primer lugar acerca del experimento "sin ruido", en el cual los símbolos estaban identificados y nombrados. Cuando se les preguntó a aquellos que participaron del "círculo" cómo percibían su desempeño, etcétera, respondieron sin excepciones que se sentían bien, que se habían desempeñado rápida y eficientemente, que tal vez pudieran haberlo hecho mejor, etcétera. Cuando se les preguntaba si eran capaces de identificar un "líder" en el grupo, el promedio de respuestas distribuía ese "liderazgo" parejamente entre las cinco posiciones.

Para los que participaban en la "estrella" la historia era casi la opuesta que para los "circulares". Aunque su desempeño fue alrededor del doble de rápido que el de los grupos en círculo, tenían un sentimiento de derrota. Se sentían a sí mismos lentos e ineficientes. Culpaban a algún "idiota" en el grupo por ello. El 94% de los participantes identificaba al vértice de la conectividad como el líder.

Dada la diferencia en cuanto a la percepción de la ausencia o la presencia de un liderazgo, Bavelas y sus colaboradores apodaron a estos dos esquemas de conexión "democrático" y "autoritario".

¿Qué sucede cuando se introduce "ruido"? Sorpresivamente (o tal vez para nada sorpresivamente), el grupo democrático trabaja aproximadamente igual de bien aunque, sin embargo, algo más lentamente que antes. Ellos se sienten bien aún y piensan que lo están haciendo bien. El cambio dramático se da en los autoritarios: los grupos se desintegran, más tarde o más temprano, dependiendo de cuán "extraños" sean los símbolos. Los participantes abandonan enojados, los "idiotas" se multiplican, y la culpa es echada de unos a otros. En verdad cuando, más tarde, los registros son estudiados, los que participaron en el formato de estrella dejan rápidamente de hablar de símbolos, y empiezan a calificarse unos a otros muy

negativamente. Se da un desvío fascinante de la atención desde los comunicables hacia los comunicadores.

La diferencia con los "demócratas" es fundamental. Lo que les permite continuar a ellos es expandir el lenguaje. Tal como lo muestra el registro, se inventan rápidamente nombres para las cosas que aparecen como extrañas, algunas de ellas referenciales ("león", "vaca", etcétera), o neologismos en otros casos ("plops", "bimbim", etcétera), nombres que son descartados, modificados o mantenidos; y cuando son adoptados por el grupo, el problema de encontrar —el símbolo— común, se tranforma en encontrar *símbolos* comunes, ignorando objetos poco claros.

Me he demorado en estos ejercicios con algún detalle, porque creo que estos experimentos se prestan mucho para conectar las cuatro nociones, administración, autoorganización, evolución y lenguaje, en el sentido en que Malik y Probst nos recomiendan hacer en su artículo.

No hay duda de que una de las tareas administrativas es generar un clima que promueva la comunicación. Uno de los resultados de los experimentos de Bavelas sugiere que las estructuras de interacción pueden ser facilitadoras o inhibidoras de la comunicación. Parecería que las pautas de interacción recursiva, circulares, resultan altamente resistentes a las perturbaciones. El punto importante, sin embargo, es que esta estabilidad no se da contraactuando contra las fuerzas perturbadoras, sino utilizándolas como una fuente de creatividad. Y finalmente, estos experimentos muestran nuevamente el significado del lenguaje en el proceso administrativo [21].

Mi amigo el compositor Herbert Brun me enseñó una vez que "... un lenguaje aprendido es un lenguaje perdido" [22]. Pero aquí, en una de las situaciones de Bavelas, hay ejemplos de lenguaje en proceso de creación.

Desde el punto de vista del léxico el lenguaje es un sistema cerrado: pregunten por el significado de una palabra y obtendrán palabras. Quiero, por ejemplo, conocer el significado de "subsecuente". El diccionario [1] me dice "siguiente" (véase figura 10). Quiero saber qué significa esto, etcétera. La figura 10 nos dice adónde lleva todo esto; uno podría decir a ninguna parte. ¿Puede uno escapar de esta trampa?

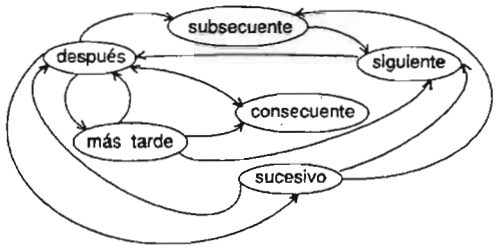


Figura 10. Red de relaciones de términos sinónimos.

Yo sugiero un camino que fue observado por el filósofo británico John Langshaw Austin. El observó en nuestro lenguaje una familia peculiar de expresiones que dicen lo que hacen; o tal vez debiéramos decir, que hacen lo que dicen. ¿Cómo es eso?

Imagínense a ustedes mismos en un transporte público atestado de pasajeros; sin quererlo, pisan los pies de alguien. Cortésmente, ustedes dicen:

"Discúlpeme".

La magia de esta expresión es que *es* una disculpa. Por razones obvias, Austin llamó a estas expresiones "ejecutivas" [23]. Una vez que somos conscientes de estas expresiones en nuestro lenguaje, uno las ve aparecer más y más: "prometo", "declaro", ... etcétera. Consideren por un momento los hechos extraordinarios que suceden cuando en una ceremonia matrimonial el sacerdote dice:

"Los declaro marido y mujer".

Cuando esta fórmula es dicha, ellos son marido y mujer.

He traído a colación a la noción de expresión ejecutiva al final de mi historia porque me lleva nuevamente —en forma apropiadamente recursiva— al comienzo. Ustedes recordarán la frase que decía de sí misma cuántas letras tenía. Cuando en verdad lo dice correctamente, la llamamos un valor-Eigen. Tal vez uno debería llamarla una expresión-Eigen, para hacer visible la relación con las expresiones ejecutivas. Sugiero que hay aquí una ventana a través de la cual podemos saltar fuera del lenguaje.

De ahí que les pido que me permitan concluir con una referencia a vuestra gentileza por haberme invitado, y a vuestra paciencia por haberme escuchado, mediante una expresión ejecutiva:

"¡Muchas gracias!"

Referencias bibliográficas

[1] *The American Heritage Dictionary of the English Language*, Moughton Mifflin, Boston (1966).

[2] F. Malik y G. J. B. Probst: "Evolutionary management", *Cybernetics and Systems: Int. J.*, 13, págs. 153-174 (1982).

[3] H. von Foerster: "On constructing a reality", en *Observing Systems*, Intersystems Publications, Seaside, California (1982).

[4] G. Gunther: "Cybernetic ontology and transjunctional operations", en *Beitrage zur Grundlegung einer operationsfabigen Dialektik, I*, Gotthard Gunthers gesammelte Werke, Felix Meiner Verlag, Hamburgo (1976).

[5] Comunicación personal con el profesor Lars Loefgren, Department for Automata Theory and General Systems, Building E, Universidad de Lund, Box 725, S 220 07 LUND, Suecia.

[6] F. G. J. Varela: "A calculus of self-reference", *International Journal of General Systems*, 2, págs. 5-24 (1975).

[7] G. Pask: "The meaning of cybernetics in the behavioural sciences", en *Progress in Cybernetics*, J. Rose (comp.), Gordon and Breach, Nueva York, *1*, págs. 15-44 (1969).

[8] H. von Foerster: "Foreword", *Rigor and Imagination, Essays on the Legacy of Gregory Bateson*, C. Wilder-Mott y J. Weakland (comps.), Pratger, Nueva York (1981).

[9] L. Wittgenstein: *Philosophical Investigations*, G. E. N. Anscombe (trad.), The Macmillan Company, Nueva York (1953).

[10] D. Hofstaedter: "Metamagical themas", *Scientific American*, enero 12-382, y enero 16-28 (1982).

[11] M. Davis: *Computability and Unsolvability*, McGraw-Hill, Nueva York (1958).

[12] W. S. McCulloch: "A heterarchy of values determined by the topology of nervous nets", en *Embodiments of Mind*, MIT Press, Cambridge (1965).

[13] A. M. Turing: "On computable numbers, with an application to the Entscheindungsproblem", actas de la London Mathematical Society, 2, 42, págs. 230-265 (1936-1937).

[14] A. Gill: *Introduction to the Theory of the Finite State Machines*, McGraw-Hill, Nueva York (1962).

[15] A. Pais: "*'Subtle is the Lord...', The Science and the Life of Albert Einstein*", Oxford University Press, Nueva York (1982).

[16] O. C. Walker y W. R. Ashby: "On temporal characteristics of behavior in certain complex systems", *Kybernetik*, *3* (2), págs. 100-108 (1966).

[17] H. von Foerster: "Objects: Tokens for (Eigen-) Behaviors", en *Observing Systems* (Ref. [3]).

[18] D. Hofstaedter: "Metamagical themas", *Scientific American*, noviembre 22-43 (1981).

[19] F. Fogelman-Soulie, F. Goles-Chacc y G. Wissbuch: "Specific roles of the different boolean mappings in random networks", *Bulletin of Mathematical Biology*, *44* (5), págs. 715-730 (1982).

[20] A. Bavelas: "Communication patterns in problem solving groups", en *Cybernetics*, H. von Foerster (comp.), Josiah Macy Jr. Foundation, Nueva York (1952).

[21] *Hermenet*, 1750 Union Street, San Francisco, California 94123, Atención del doctor F. C. Flores.

[22] H. Brun: "Futility 1964" (lado 5, banda 3), en *Compositions* de Herbert Brun, Non Sequitur Records, Box 872, Champaign, Ill. 61820 (1983).

[23] J. L. Austin: "Performative Utterances", en *Philosophical Papers*, J. O. Urmson y G. J. Warnock (comps.), At. the Clarendon Press, Oxford (1961).